



# Development of new telescopes at Haleakala, Hawaii

Y. Kasaba, T. Sakanoi, M. Kagitani, T. Obara, I. Scholl, J. Kuhn, and S. Okano (Feb 2013) 1

## Development of new telescopes dedicated to the observation of 'planets' at Haleakala, Hawaii (& others)

Y. Kasaba<sup>1</sup>, T. Sakanoi<sup>1</sup>, M. Kagitani<sup>1,2</sup>, H. Nakagawa<sup>1</sup>, T. Obara<sup>1</sup>, S. Okano<sup>1,2</sup>, I. Scholl<sup>2</sup>, J. Kuhn<sup>2</sup> (1: Tohoku Univ., 2: Univ. Hawaii)

### <Telescope & sites, our long hope!>

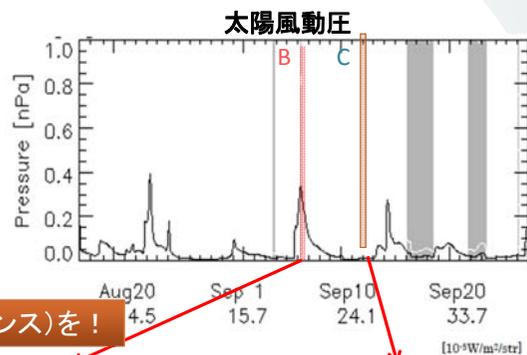
- We need a telescope for flexible monitoring for 'campaign obs. of variable targets'
- We need a telescope with good spatial resolution for 'competitive & comparative with Orbiters'
- We need a telescope with minimum scattered light for faint emissions close to the planetary disk.
- We need a telescope possible to utilize Infrared for observations of 'molecular atmospheres.'



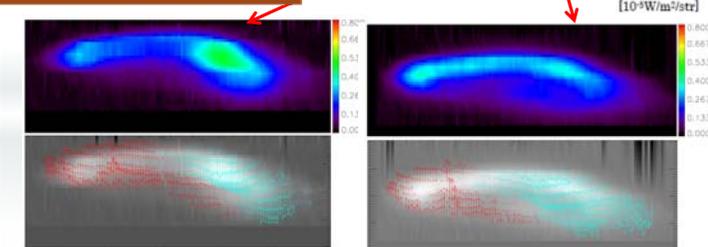
## \* 課題(2) 観測時間、含む天候

2007年以降、IRTF(3m)、SUBARU(8.2m)等の大型望遠鏡を用いた木星&火星の観測を行ってきた。

- 年に1-数晩の観測のみ!  
惑星変動=大気・プラズマ現象の解明には、連続観測は本質的。
- 独自装置を持ち込む余地はほとんどない!



もっと時間(チャンス)を!



IRTF

6

away in red, toward in blue



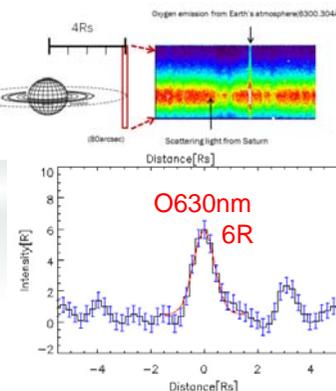
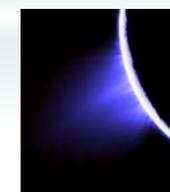
## \* 課題(1) 光の量 & 質

東北大学は、ハワイ・マウイ島ハレアカラ山頂(標高3055m)で、「40cmシュミットカセグレン望遠鏡 + 可視エシエル分光器観測」を、2006年から行っている。インターネットによる準完全自動運用

### <観測ターゲット>

- ・木星 イオトーラス活動
- ・水星 & 月 ナトリウム大気
- ・土星 エンケラドストーラス活動 ...

- エンケラドストーラス(O630、6R)の1データを得るのに数日間の積分時間!
- 望遠鏡の性格上、「小型・可視」の観測装置しか載せられない!



## 世界に広がる公開天文台による惑星観測現場 ~瞬間芸観測~

ALMA (アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計) TMT (30m望遠鏡@マウナケア)  
(2012 -: 世界共同) (2018? -: 世界共同)

\*2013 金星観測予定 (PI: 佐川 @ NICT)

\*天文台から概算要求 in 2013



- ・方式 「観測提案」通れば旅費のみで使える。貧乏人向き (最近衛星並みに「近寄りなくてもよく」なってきたし。) でかい = 「暗い」「早い」現象向き。
- ・Demerit 「他人のふんどし」「大艦巨砲主義」。楽しいか? (楽しくなくて何がScienceか。) 使っても「年間数日」。一種の賭博。(そもそもが太陽系天体に冷たい。)

## Instruments(1/4)

Kagitani et al.  
(Tohoku Univ.)

- Visible high-resolution Echelle Spectrograph  
(now operated with the 40cm telescope)

FOV: long slit with 10' or 2-D spectrograph with optical fibers

Resolution : ~50,000

Wavelength : 3nm width,  
covering from 550nm to 900nm



## Instruments(2/4)

Sakanoi et al.  
(Tohoku Univ.)

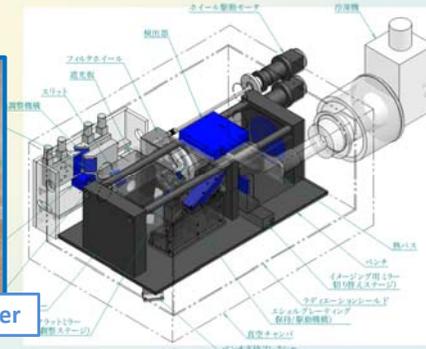
- Infrared high-resolution Echelle Spectrograph

Slit length	50 arcsec
Spectral resolution	20,000
Wavelength	1 – 4 μm
Velocity resolution	0.5 km/several min integration (Jup. H <sub>3</sub> <sup>+</sup> )
Imaging mode	available
size	800x500x400 mm

Echelle grating drive mechanism



Image-spectrograph changer



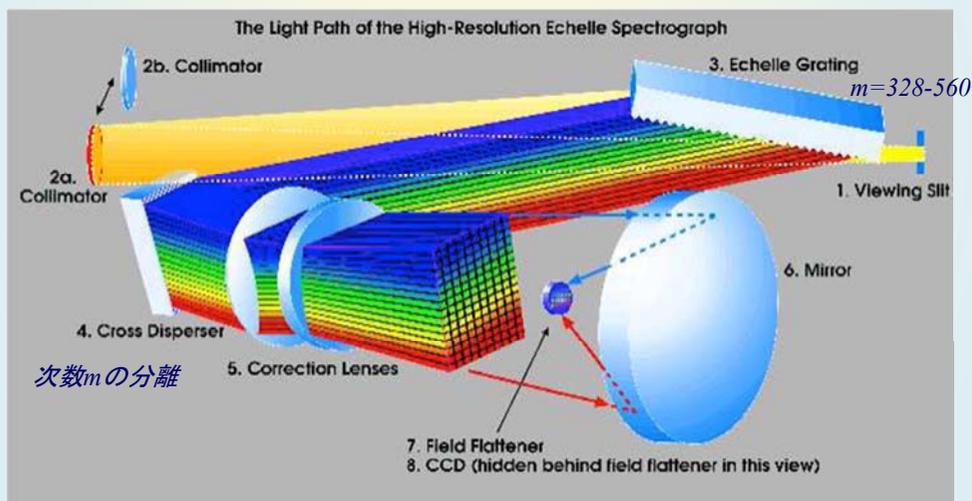
## Instruments(3/4)

Hirahara et al.  
(Nagoya Univ.)

“Echelle Spectrograph”: spectrometer with “Cross Disperser”

Grating equation:  $m\lambda = “1” \times d[\sin(\beta) + \sin(\gamma)]$ , where

$m$ : diffraction order;  $d$ : groove spacing, “1”: refractive index of “vacuum”

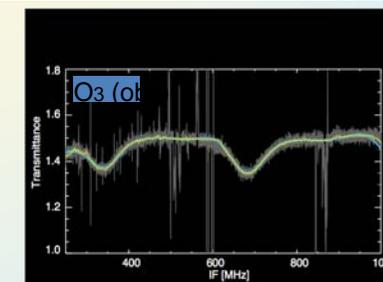
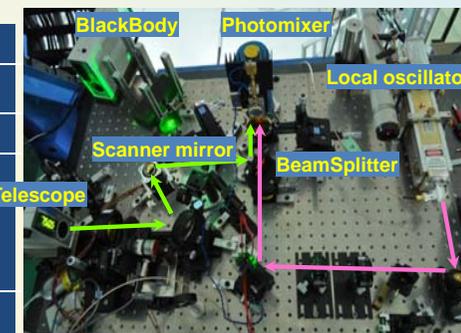


## Instruments(4/4)

Nakagawa et al.  
(Tohoku Univ.)

- Mid-infrared heterodyne super high-resolution spectrometer

Wavelength	7 – 11 μm
Resolving power	> 10,000,000
Operating range	8.0, 9.6, and 10.3 μm
Sensitivity	~3,000 K (λ=10.3μm)
Detector	MCT photo-diode
- Bandwidth	3,000 MHz
Back End	FFT digital spectrometer
- Bandwidth	2,000 MHz
- Channels	16,382 (61 kHz resolution)
Field of View	1.7 arcsec (1.5m φ telescope)
Size, weight	1100 x 700 x 700 mm, 80kg





## 1. Move of litate 60cm telescope to Haleakala

<u>Dome &amp; Building</u>	in development	from 2012FY
<u>Telescope</u>	refurbish & move	from 2012FY
<u>First light</u>	Fall 2013	

## 2. The 1.8m new telescope - 'PLANETS'

Primary Glass blank (finished on March 2011 at OHARA)

- Generation going at Rochester, USA
- Polishing It will start at Arizona.

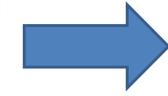
First light 2014

## 3. Antarctica 2.5m new telescope

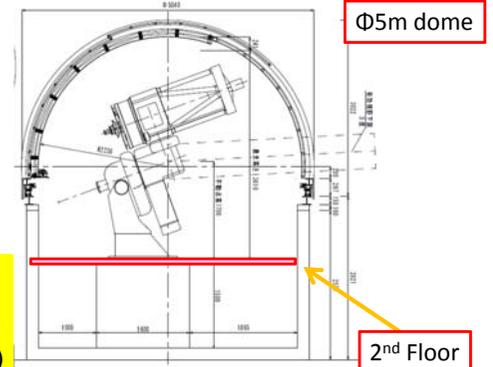
just in planning! (Tohoku U, Tsukuba U. + NIPR + NAOJ)



at litate



Coude output



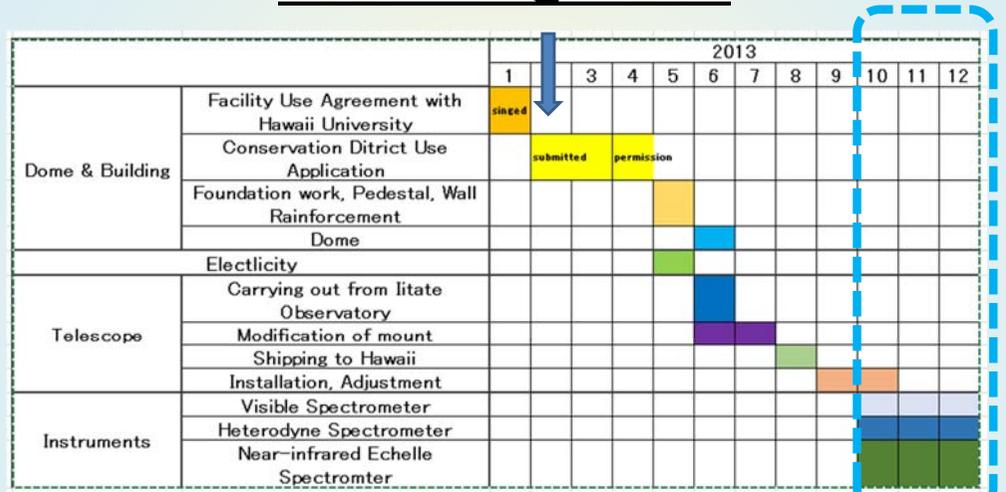
Φ5m dome

2<sup>nd</sup> Floor

Building before the modification (March 2012)



## Schedule @ 60cm



▲ Launch of EXCEED

← EXCEED campa

### Sep-Dec. 2013: First light !!!

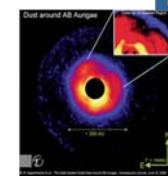
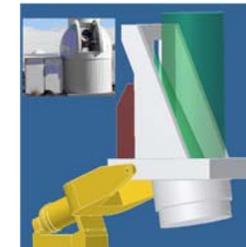
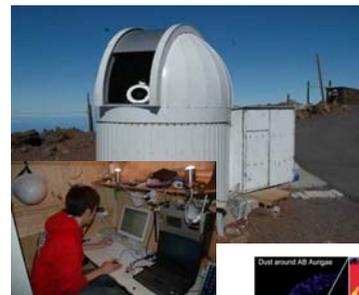


Tohoku Univ. Very Small Observatory  
40cm Schmidt-Cassegrain with  
Custom-made High-dispersion spectrometer

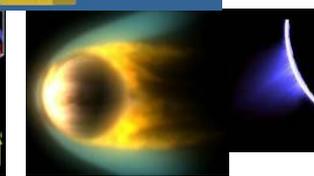
<http://kopiko.ifa.hawaii.edu/planets/>

~2mφ telescope at Haleakala

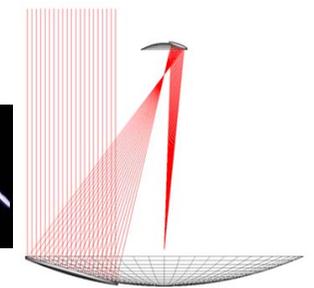
- Wide dynamic range
- Off-axis with 1/100λ smoothness
- Coronagraph: Gregorian-type
- Polarization: Equatorial mount



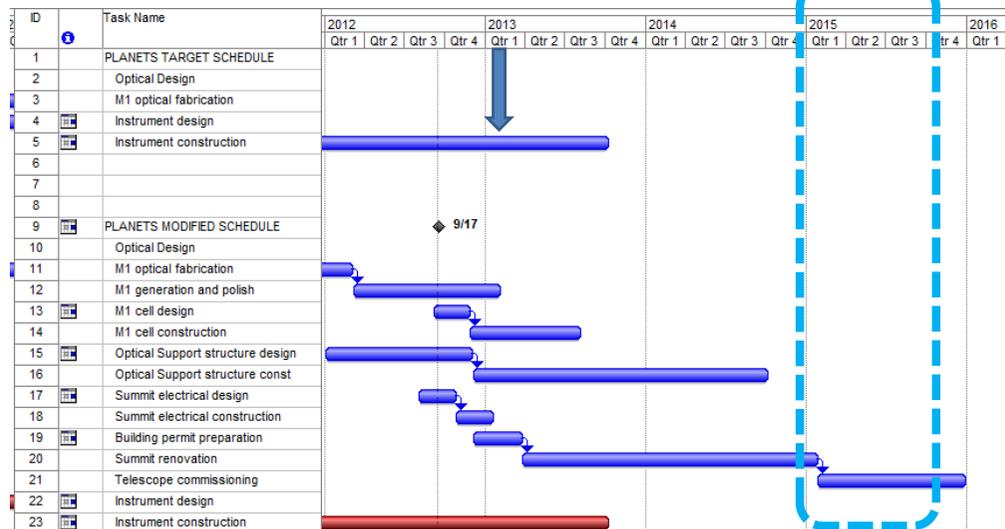
Disk around a young star in polarized light (~300AU). A ring at 150AU might be a proto-planet clearing.



Weak light close to Planets scattered by the escaping atmosphere from Mars / Venus / Io / Encheladas



## Schedule @ 1.8cm

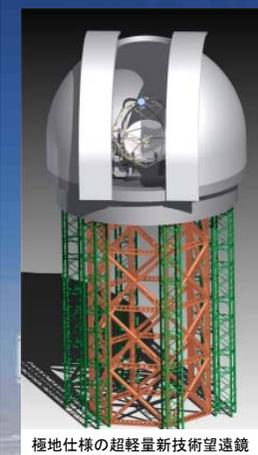


2015: First light ??? ?!!!

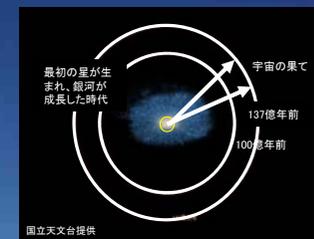
## 南極からの新赤外線天文学の創成

南極内陸は、プリザードがなく、非常に穏やかな、地球上で最も星空の美しい場所です。この場所で私たちは新しい赤外線天文学を展開します

宇宙初期の広域銀河地図を作って、私たちの銀河系の生い立ちを解明します



世界の天文サイトで、最も少ない水蒸気量、最も良いシーイング、圧倒的に低い大気からの赤外線放射、極夜の5ヶ月間連続観測の特色を生かした研究を行います



極地仕様の超軽量新技術望遠鏡

昭和基地から1000km離れた場所に国立極地研究所のドームふじ基地があります。東北大学は極地研の協力で2010年に天体観測所を開設しました。



第54次南極地域観測隊による天体観測所の設置 東北大学から2名隊員として参加しています

### ドームふじ基地の環境

南緯77度19分01秒 東経39度42分12秒  
(昭和基地から約1000km内陸)  
標高 3810m、気圧0.6  
年平均気温 -54°C、最低気温 -80°C  
年平均水蒸気量0.25mmPWV、冬期0.15mm  
晴天率 85%、快晴率68%  
平均風速5.8m

高さ11mに設置した小型望遠鏡で、世界で最も星の瞬きが少ない場所であることが判明しました。高さ10m余りのタワーの上に望遠鏡を作ると、世界最高性能が得られます

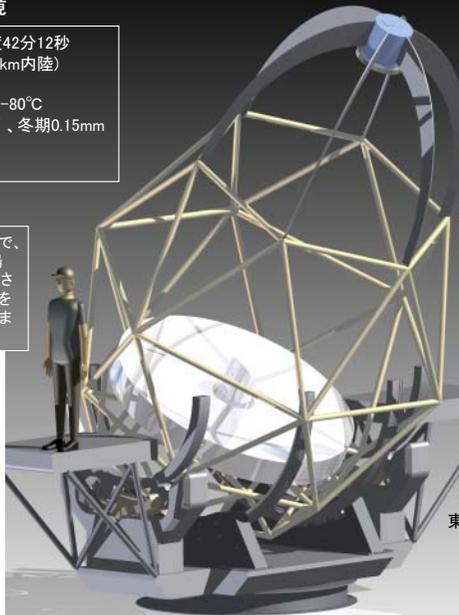
### 基盤設備

口径2.5m望遠鏡  
超軽量新技術架台、軽量ドーム  
極寒に耐える仕様  
赤外線ヘテロダイン分光器  
波長10 μm超高分解能10<sup>7-8</sup>  
赤外線広域撮像分光装置  
7分角×7分角×3色+低分散  
波長1 μm-5 μm

極限環境での安全安心ロボティクス技術を使って日本からリモートで制御・観測を行います

独創的なサイエンスを開拓するため、干渉計など新技術の装置が開発されます

東北大学  
理学研究科  
天文学専攻  
惑星プラズマ・大気研究センター  
地球物理学専攻・惑星大気物理学分野  
工学研究科  
航空宇宙工学専攻・宇宙探査工学分野  
国立極地研究所



雪面の上に立てるため、極地工学研究者と共同で開発します

## Summary: Science targets & Requirement for Instruments

Science Target	Planets	Wavelength [μm]	FOV	Instruments	Focus
Atmospheric Escape (Mars, Venus and Mercury)	Mars, Venus (CO+ ~400nm, etc.)	VIS 0.4-0.95	8° (~20R <sub>v</sub> , ~20R <sub>j</sub> )	Spectroscopy R > 50,000 (with image slicer) & Occultation mask  (+imaging)	Greg. Cass.
	Mercury (NaD 589nm, K 766nm)				
Magnetosphere & Atmosphere of Giant planets (Jupiter / Saturn)	Jupiter torus (SII 672nm, SIII 631 / 953nm, OI 630nm etc.)	IR 2-4		Spectroscopy R > 50,000 (+imaging)	Coude
	Saturn torus (OI 630nm)				
Atmospheric Minor Constituent & Dynamics (Mars, Venus)	Jupiter & Saturn: Aurora (H <sub>3</sub> <sup>+</sup> 2.1 / 3.9 μm, H <sub>2</sub> 2.1 μm)	MIR 7-10	1' (~2R <sub>j</sub> )	Spectroscopy R > ~500,000 R > ~1,000,000  (+imaging)	Coude
	Mars (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , etc.)				
	Venus (CO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , etc.)				

High-dispersion spectroscopy is essential.